

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 4003812 A1

21 Aktenzeichen: P 40 03 812.2  
22 Anmeldetag: 8. 2. 90  
43 Offenlegungstag: 16. 8. 90

51 Int. Cl. 5:  
B 01 D 61/50  
// C02F 1/469,  
C08L 9/00, 23/02,  
25/08, 67/02, 77/00,  
B01J 47/12

DE 4003812 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
13.02.89 JP 1-31093

71 Anmelder:  
Asahi Kasei Kogyo K.K., Osaka, JP

74 Vertreter:  
Strehl, P., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.;  
Schübel-Hopf, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Groening,  
H., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

72 Erfinder:  
Azuma, Isamu, Yokohama, Kanagawa, JP; Hadama,  
Seiki, Chikugo, Fukuoka, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Dichtungsanordnung zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung

Die Erfindung betrifft eine Dichtungsanordnung für eine Elektro-Dialyseeinrichtung. Die Dichtungsanordnung weist einen Rahmen und eine Netz-Zwischenlage auf, die im Rahmen mit einem Spiel angeordnet ist, das längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen vorgesehen ist. Die Dichtungsanordnung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Spiel ganz oder teilweise mit einer Verbindungseinrichtung aus einem thermoplastischen Elastomer ausgefüllt ist, die den Umfang der Netz-Zwischenlage und den Innenumfang des Rahmens überbrückt und hierbei eine Klebverbindung zwischen dem Rahmen und der Netz-Zwischenlage bildet. Dank der Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer sind nicht nur der Dichtungsrahmen und die Zwischenlage an ihren Überbrückungsabschnitten unverformt, sondern die Überbrückungsabschnitte haben auch eine gleichförmige Dicke. Wenn die Dichtungsanordnung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung verwendet wird, um verdünnende und konzentrierende Abteilungen in Zusammenwirkung mit Kationen- und Anionen-Austauschmembranen zu bilden, dann ist die Einrichtung praktisch frei von Flüssig-Leckageproblemen, und zwar selbst unter einem Befestigungsdruck, der verhältnismäßig niedrig ist, verglichen mit den Befestigungsdrücken, die üblicherweise für Elektro-Dialyseeinrichtungen verwendet werden, die herkömmliche Dichtungen enthalten, und der Bruch der Ionen-Austauschmembranen findet an den Überbrückungsabschnitten zwischen den Dichtungsrahmen und

DE 4003812 A1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtungsanordnung zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung. Die Erfindung befaßt sich, im einzelnen, mit einer Dichtungsanordnung zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung, wobei diese Anordnung einen Rahmen und eine Netz-Zwischenlage aufweist, die im Rahmen mit einem Spielraum rund um den gesamten Umfang der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen angeordnet ist, wobei der Spielraum gänzlich oder teilweise mit einer Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer gefüllt ist, welche den Umfang der Netz-Zwischenlage und den Innenumfang des Rahmens überbrückt, wodurch eine Verbindung zwischen dem Rahmen und der Netz-Zwischenlage vorgesehen wird. Dank der Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer sind nicht nur der Dichtungsrahmen und die Zwischenlage an ihren Überbrückungsabschnitten unverformt, sondern die Überbrückungsabschnitte haben auch eine gleichförmige Dicke. Wenn die oben erwähnte Dichtungsanordnung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung verwendet wird, um verdünnende und konzentrierte Abteilungen in Zusammenarbeit mit Kationen- und Anionen-Austauschmembranen zu bilden, treten bei der Vorrichtung keine Flüssigkeits-Leckageprobleme auf, und zwar selbst unter einem Befestigungsdruck, der verhältnismäßig niedrig ist, verglichen mit dem Befestigungsdruck, der üblicherweise für Elektro-Dialyseeinrichtungen verwendet wird, die herkömmliche Dichtungen enthalten. Zusätzlich tritt kein Bruch der Ionen-Austauschmembranen an den Überbrückungsabschnitten zwischen dem Dichtungsrahmen der Zwischenlage auf, so daß die Einrichtung imstande ist, für einen langen Zeitraum eine hervorragende Elektro-Dialyseleistung zu liefern.

In herkömmlicher Weise wurde eine Filterdruck-Elektro-Dialyseeinrichtung, in welcher eine Anzahl von Kationen-Austauschmembranen und Anionen-Austauschmembranen alternierend durch Dichtungen in einem befestigten Zustand zwischen einem Paar Elektroden angeordnet sind, in weitem Umfang zum Zwecke verwendet, Elektrolyte zu konzentrieren, zu entsalzen und dergleichen. Beim Betreiben der Elektrodialyse in dieser Art einer Elektro-Dialyseeinrichtung ist es angestrebt, daß eine durch die Elektrodialyse zu behandelnde Flüssigkeit gleichförmig in einem Abteil verteilt werden soll, das durch eine Kationen-Austauschmembrane, eine Anionen-Austauschmembrane und einen Dichtungsrahmen begrenzt ist, um die wirksame Elektrodialyse über einen langen Zeitraum hinweg sicherzustellen. Um die oben erwähnte gleichförmige Verteilung einer Flüssigkeit zu erreichen, die durch die Elektrodialyse behandelt werden soll, ist im allgemeinen eine Netz-Zwischenlage im Dichtungsrahmen angeordnet.

Verschiedenartige Vorschläge wurden gemacht, um eine Verbindung zwischen der Netz-Zwischenlage und dem Dichtungsrahmen vorzusehen, um eine stabile Anordnung der Zwischenlage zu bewirken, um eine gleichförmige Strömung der durch die Elektrodialyse zu behandelnden Flüssigkeit aufrechtzuerhalten, um das Verrutschen der Kationen- oder Anionen-Austauschmembrane in irgendeinen Zwischenraum zwischen dem Dichtungsrahmen und der Zwischenlage zu vermeiden, welcher in jenem Fall gebildet wird, wenn die Zwischenlage einfach in den Dichtungsrahmen eingesetzt wird, und um wirksam die Demontage und den Wiederaufbau der Elektro-Dialysevorrichtung zu bewirken. Hinsichtlich solcher Vorschläge wird Bezug genommen auf die japanischen, offengelegten Anmeldungen Nr. 52-38 483/1977, 57-1 71 404/1982, 58-1 12 006/1983 und 61-21 703/1986 sowie auf die offengelegte japanische Gebrauchsmusterbeschreibung Nr. 49-99 842/1974 und 57-1 65 206/1982.

In den letzten Jahren sind Energieeinsparungen ein Hauptziel beim Elektrodialysebetrieb. Die Anstrengungen wurden der Erreichung von Energieeinsparungen durch Verringern der Dicke einer jeden Ionen-Austauschmembran (Kationen- und Anionen-Austauschmembran) und der Netz-Zwischenlage gewidmet, die in einer Elektro-Dialyseeinrichtung enthalten sind. Solche Anstrengungen haben jedoch die folgenden Probleme aufgeworfen.

Das heißt, wenn eine Verbindung bzw. Verklebung zwischen dem Dichtungsrahmen und der Zwischenlage mittels eines Klebers, etwa eines Epoxy-Klebers, eines Gummiklebers oder eines Heißschmelzklebers vorgesehen wird, wie im JP-GM 49-99 842/1974 und JP-GM 57-1 65 206/1982 sowie der JP-OS 61-21 703/1986 offenbart, dann bedarf es nicht nur nachteiligerweise einer langen Zeit, den Kleber auszuhärten oder zu verfestigen, sondern, da der ausgehärtete oder verfestigte Kleber normalerweise hart ist, trachten auch jene Abschnitte der dünnen Ionen-Austauschmembranen, welche in Berührung mit dem ausgehärteten oder verfestigten Kleber stehen, danach, zum Zeitpunkt der Befestigung der Elektro-Dialysevorrichtung zu Bruch zu gehen, so daß hierdurch eine Flüssigkeits-Leckage innerhalb der Vorrichtung und aus dieser heraus verursacht wird.

Wenn eine Verklebung zwischen dem Dichtungsrahmen und der Zwischenlage durch eine Schmelzverbindung bewirkt wird, wie in JP-GM 57-1 65 206/1982 und 49-99 842/1974 offenbart, treten ähnliche Probleme auf, d.h. der Bruch der Ionen-Austauschmembrane und die Leckage der Flüssigkeit infolge der Härte und der Oberflächenunregelmäßigkeit der verfestigten schmelzverklebten Abschnitte treten auf.

Die JP-OS 52-38 483/1977 offenbart eine Dichtungsanordnung, die einen Dichtungsrahmen und eine Zwischenlage aufweist, die mit dem Rahmen durch eine Lage aus vulkanisiertem Gummi verbunden ist. Ferner offenbaren die JP-OS 57-1 71 404/1982 und 58-1 12 006/1983 eine Dichtungsanordnung mit einem Dichtungsrahmen, der aus einer vulkanisierten Gummibahn hergestellt ist, sowie einer Netz-Zwischenlage, die miteinander durch eine Doppelschicht verbunden sind, die aus einer Schicht aus einem Gummikleber-Vulkanisierungsprodukt und einer Lage aus vulkanisiertem Gummi zusammengesetzt ist. Bei der Herstellung dieser Dichtungsanordnung ist es erforderlich, zunächst einen unvulkanisierten Gummi aufzubringen und den unvulkanisierten Gummi zu erwärmen, um hierdurch die Vulkanisierung zu bewirken. Die Vulkanisierungstemperatur ist im allgemeinen so hoch wie etwa 150°C. Eine so hohe Vulkanisierungstemperatur trachtet in nachteiliger Weise danach, die Verformung der Zwischenlage zu verursachen, da die Zwischenlage im allgemeinen aus einem Netz aus einem 0,2 bis 1,0 mm dicken Faden aus einem Polyolefin aufgebaut ist, das eine niedrige Wärme-Verzugtemperatur aufweist. Mit einer solchen, verformten Zwischenlage ist es nicht möglich, die gewünschte gleichförmige

Verteilung einer Flüssigkeit zu erreichen, die durch Elektrodialyse in einer Abteilung behandelt werden soll, die durch eine Kationen-Austauschmembrane, eine Anionen-Austauschmembrane und den Dichtungsrahmen begrenzt ist.

Deswegen bestand eine große Nachfrage für eine Dichtungsanordnung, bei welcher eine Verklebung bzw. Verbindung zwischen der Netz-Zwischenlage und dem Dichtungsrahmen ohne jene Probleme vorgesehen ist, die im Stand der Technik aufgetreten sind.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben ausführliche und eingehende Studien im Hinblick auf die Lösung der oben erwähnten Probleme aus dem Stand der Technik unternommen. Als Ergebnis hat sich unerwarteterweise herausgestellt, daß dann, wenn eine Dichtungsanordnung eine Netz-Zwischenlage aus einem Kunstharz aufweist, die mit einem Dichtungsrahmen aus natürlichem oder künstlichem Gummi oder einem Kunstharz mittels einer Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer verbunden ist, welche den Raum zwischen dem Umfang der Zwischenlage und dem Innenumfang des Rahmens überbrückt, nicht nur der Dichtungsrahmen und die Zwischenlage in vorteilhafter Weise an ihren Überbrückungsabschnitten unverformt sind, sondern die Überbrückungsabschnitte in vorteilhafter Weise auch eine gleichförmige Dicke aufweisen. Es hat sich nun herausgestellt, daß dann, wenn die oben erwähnte Dichtungsanordnung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung verwendet wird, um verdünnende und konzentrierende Abteilungen in Zusammenarbeit mit Kationen- und Anionen-Austauschmembranen zu bilden, die Vorrichtung frei ist von Flüssigkeits-Leckageproblemen, und zwar selbst bei einem Befestigungsdruck, der verhältnismäßig niedrig ist, verglichen mit jenem Befestigungsdruck, der üblicherweise für Elektro-Dialyseeinrichtungen verwendet wird, die herkömmliche Dichtungen verwenden. Zusätzlich tritt kein Bruch der Ionen-Austauschmembranen an den Überbrückungsabschnitten zwischen dem Dichtungsrahmen und der Zwischenlage auf, so daß die Vorrichtung imstande ist, eine hervorragende Elektrodialyseleistung während eines längeren Zeitraums zu liefern. Auf der Grundlage dieser neuartigen Erkenntnisse wurde die vorliegende Erfindung fertiggestellt.

Es ist deshalb ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine neuartige Dichtungsanordnung zur Verwendung in einer Elektro-Dialysevorrichtung vorzusehen, wobei die Dichtungsanordnung einen Dichtungsrahmen und eine Netz-Zwischenlage aufweist, die mit dem Rahmen mittels einer Verbindungseinrichtung aus einem thermoplastischen Elastomer verbunden ist, so daß nicht nur der Dichtungsrahmen und die Netz-Zwischenlage an deren Überbrückungsabschnitten unverformt sind, sondern die Überbrückungsabschnitte auch eine gleichförmige Dicke aufweisen.

Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, eine neuartige Dichtungsanordnung vorzusehen, die in vorteilhafter Weise zum Aufbau einer Elektro-Dialyseeinrichtung verwendet werden kann, die frei ist von Flüssigkeits-Leckageproblemen, und zwar selbst bei einem Befestigungsdruck, der verhältnismäßig niedrig ist, verglichen mit jenem Druck, der üblicherweise zur Befestigung bei Elektro-Dialyseeinrichtungen verwendet wird, die herkömmliche Dichtungen aufweisen, und wobei der Bruch der Ionen-Austauschmembranen an den Überbrückungsabschnitten von Dichtungsrahmen und Zwischenlage nicht auftritt.

Es ist ein noch weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, eine neuartige Dichtungsanordnung vorzusehen, die in vorteilhafter Weise zweckmäßig ist zum Aufbau einer Elektro-Dialyseeinrichtung, die imstande ist, während eines langen Zeitraums eine hervorragende Elektro-Dialyseleistung zu erbringen.

Die obigen und andere Ziele, Merkmale und Vorzüge der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden, detaillierten Beschreibung und den beigefügten Ansprüchen ersichtlich, wenn diese in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen herangezogen werden.

In den Zeichnungen ist:

**Fig. 1** eine teilweise abgeschnittene, schematische Seitenansicht einer Elektro-Dialyseeinrichtung, bei welcher eine erfindungsgemäße Dichtungsanordnung verwendet wird,

**Fig. 2** eine schematische Ansicht, in welcher die Art der Anordnung der Anionen-Austauschmembranen, Kationen-Austauschmembranen und Dichtungsanordnungen gezeigt ist, die mit Zwischenlagen versehen sind, welche bei der Elektro-Dialyseeinrichtung der **Fig. 1** eine Stapelanordnung bilden, und wo das Prinzip der Elektrodialyse und die Wirkungsweise der Dichtungsanordnung erläutert sind,

**Fig. 3** eine Draufsicht auf ein Beispiel eines Dichtungsrahmens, der in einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung verwendet werden soll,

**Fig. 4** eine Draufsicht auf den Dichtungsrahmen der **Fig. 3**, wobei eine Anzahl seitlicher Leitungsöffnungen und seitlicher Aussparungen ausgebildet sind,

**Fig. 5** eine Draufsicht auf eine Netz-Zwischenlage, welche in den Dichtungsrahmen der **Fig. 4** einzusetzen ist, und in welcher die in die seitlichen Aussparungen des Dichtungsrahmens einzuführenden Abschnitte Öffnungen aufweisen,

**Fig. 6** eine Draufsicht eines geformten thermoplastischen Elastomers, das am Umfangsabschnitt der Zwischenlage der **Fig. 5** angeordnet werden soll,

**Fig. 7** eine Draufsicht auf eine Dichtungsanordnung, wie sie in Beispiel 1 hergestellt ist, welche aus dem Dichtungsrahmen der **Fig. 4**, der Zwischenlage der **Fig. 5** und einer Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer aufgebaut ist und dadurch gebildet ist, daß man ein bandförmiges, thermoplastisches Elastomer aufträgt und dieses unter Wärme verpreßt,

**Fig. 8** eine Draufsicht eines Vergleichsbeispiels einer Dichtungsanordnung, wie sie im Vergleichsbeispiel 1 hergestellt ist, wobei der Spielraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen der Netz-Zwischenlage und dem Rahmen mit vulkanisiertem Gummi ausgefüllt ist,

**Fig. 9** eine Draufsicht auf ein anderes Vergleichsbeispiel einer Dichtungsanordnung, wie sie im Vergleichsbeispiel 2 hergestellt ist, wobei der Spielraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen der Netz-Zwischenlage und dem Rahmen teilweise mit einem Epoxy-Kleber ausgefüllt ist, und

**Fig. 10** eine Draufsicht auf eine Dichtungsanordnung, wie sie in Beispiel 4 hergestellt ist, welche aus dem

Dichtungsrahmen der Fig. 4 und der Zwischenlage der Fig. 5 aufgebaut ist, wobei der Spielraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen teilweise mit einem thermoplastischen Elastomer ausgefüllt ist.

In den Fig. 1 bis 10 sind gleiche Teile oder Abschnitte durch gleiche Bezugsziffern oder -buchstaben bezeichnet.

Es folgt nun die detaillierte Beschreibung der Erfindung.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Dichtungsanordnung zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung vorgesehen, welche eine Anzahl alternierend angeordneter Kationen- und Anionen-Austauschmembranen aufweist, zwischen denen Dichtungsanordnungen eingesetzt sind.

Die Dichtungsanordnung weist einen Rahmen aus natürlichem oder synthetischem Gummi oder einem Kunstharz auf, mit einer Mittelloffnung und seitlichen Aussparungen, die in den Innenumfangsabschnitten des Rahmens ausgebildet sind, und weist seitliche Leitungsöffnungen auf (die dazu eingerichtet sind, die Verbindung zu benachbarten Aussparungen einer benachbarten Dichtungsanordnung herzustellen). Die seitlichen Aussparungen sind der Mittelloffnung zugewandt (diese Aussparungen sind dazu eingerichtet, mit benachbarten Leitungsöffnungen der benachbarten Dichtungsanordnung in Verbindung zu stehen). Die seitlichen Aussparungen dienen als eine Einrichtung zum Zuführen einer durch die Elektrodialyse zu behandelnden Flüssigkeit zur Mittelloffnung und zur Entnahme der durch Elektrodialyse behandelten Flüssigkeit von dieser. Die Dichtungsanordnung umfaßt auch eine Netz-Zwischenlage, die aus Kunstharz hergestellt ist und im Rahmen so angeordnet ist, daß die Netz-Zwischenlage in der Mittelloffnung oder sowohl in der Mittelloffnung als auch der seitlichen Aussparung angeordnet ist, wobei ein Spielraum rund um den gesamten Umfang der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen vorliegt. Die Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Spielraum gänzlich oder teilweise mit einer Verbindungseinrichtung aus einem thermoplastischen Elastomer ausgefüllt ist, welche den Raum zwischen dem Umfang der Netz-Zwischenlage und dem Innenumfang des Rahmens überbrückt und eine Verbindung bzw. Verklebung zwischen der Netz-Zwischenlage und dem Rahmen herstellt.

Es wird nun Bezug auf Fig. 1 genommen; das Bezugszeichen 1 bezeichnet einen Anodenrahmen, in dem sich eine Anode (nicht gezeigt) und ein Zuführrahmen (nicht gezeigt) befinden, und das Bezugszeichen 5 bezeichnet einen Kathodenrahmen, in dem eine Kathode (nicht gezeigt) und ein Zuführrahmen (nicht gezeigt) angeordnet sind. Zwischen dem Anodenrahmen und dem Kathodenrahmen befindet sich eine Anzahl von Stapeln 4, die jeweils durch ein Paar Befestigungsrahmen 3 befestigt sind. Die Stapel 4, die zwischen dem Anodenrahmen 1 und dem Kathodenrahmen 5 durch jeweils Paare von Befestigungsrahmen 3 und einen Zuführrahmen 2 angeordnet sind, sind mittels eines Andrucksteils (festliegend) 6a und eines Andrucksteils (beweglich) 6b zusammengepresst, die jeweils an den äußeren Enden des Anodenrahmens 1 bzw. des Kathodenrahmens 5 angeordnet sind. Üblicherweise wird ein verdünnender Strom (z.B. Meerwasser) durch einen unteren Abschnitt des Zuführrahmens (nicht gezeigt) des Anodenrahmens 1 in den Stapel 4 (auf der linken Seite) eingeleitet, im Stapel 4 der Elektrodialyse unterzogen und von einem oberen Abschnitt des Zuführrahmens (nicht gezeigt) des Kathodenrahmens 5 abgegeben. Andererseits wird ein konzentrierender Strom (beispielsweise Meerwasser) durch einen unteren Abschnitt des Zuführrahmens 2 in den Stapel 4 (auf der rechten Seite) eingeleitet, im Stapel 4 der Elektrodialyse unterzogen und von einem oberen Abschnitt des Zuführrahmens (nicht gezeigt) des Anodenrahmens 1 abgegeben, und ein anderer konzentrierender Strom (z. B. Meerwasser) wird durch einen unteren Abschnitt des Zuführrahmens (nicht gezeigt) des Kathodenrahmens 5 eingeleitet, im Stapel 4 (auf der rechten Seite) der Elektrodialyse unterzogen und von einem Abschnitt des Zuführrahmens 2 abgegeben. Der konzentrierende Strom wird in Umlauf gehalten.

Wie in Fig. 2 gezeigt, weist ein Stapel 4 eine Anzahl alternierend angeordneter Anionen-Austauschmembranen 7, 7' und Kationen-Austauschmembranen 8 sowie Dichtungsanordnungen 9, 10 auf (mit jeweils Zwischenlagen 11 und 11'), die zwischen den Membranen angeordnet sind. Wie teilweise in Fig. 2 gezeigt, umfaßt ein Stapel 4 eine Anzahl alternierender verdünnender Abteilungen und konzentrierender Abteilungen, die durch Anionen-Austauschmembranen 7 und Kationen-Austauschmembranen 8 unterteilt sind. Üblicherweise sind mehrere hundert Abteilungen in einem Stapel gebildet. Zwischen zwei wechselweise benachbarten Membranen (nämlich einer Anionen-Austauschmembrane und einer Kationen-Austauschmembrane) ist eine Dichtungsanordnung mit einer Zwischenlage angeordnet. Die in der Elektrodialyse zu unterziehende Flüssigkeit (konzentrierende und verdünnende Ströme) wird den Abteilungen im Stapel durch Leitungen zugeführt, die mit Einlässen (nicht gezeigt) verbunden sind, die in Zuführrahmen 2 und in den (nicht gezeigten) Zuführrahmen innerhalb des Anodenrahmens 1 und des Kathodenrahmens 5 ausgebildet sind. Die der Elektrodialyse zu unterziehende Flüssigkeit wird durch die Leitungen abgegeben, die mit Auslässen in Verbindung stehen, die mit dem Zuführrahmen 2 und den (nicht gezeigten) Zuführrahmen innerhalb des Anodenrahmens 1 und des Kathodenrahmens 5 in Verbindung stehen. In Fig. 2 wird der verdünnende Strom veranlaßt, durch den Stapel 4 in Richtung des Pfeils D (ausgezogene Linie) zu strömen, während der konzentrierende Strom veranlaßt wird, durch den Stapel 4 in Richtung des Pfeils C (gestrichelte Linie) zu strömen.

In den Fig. 3 bis 7 ist ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gezeigt.

Es wird nun Bezug auf Fig. 3 genommen; dort ist ein Ausgangs-Dichtungsrahmen gezeigt, der aus vier Streifen hergestellt ist, die aus einer Bahn aus vulkanisiertem Gummi ausgeschnitten sind, wobei zwei verhältnismäßig breite Streifen einander gegenüberliegen und die erste und zweite Seite bilden, zwei verhältnismäßig schmale Streifen einander gegenüberliegen und die dritte und vierte Seite bilden und die vier Streifen fest bzw. starr an den durch gestrichelte Linie bezeichneten Abschnitt mittels eines Klebers oder dergleichen verbunden sind.

Fig. 4 zeigt einen Dichtungsrahmen 12, der aus dem oben erwähnten Ausgangs-Dichtungsrahmen hergestellt

ist, wobei ein Anzahl von seitlichen Leitungsöffnungen 13, die dazu eingerichtet sind, mit benachbarten Aussparungen einer benachbarten Dichtungsanordnung in Verbindung zu stehen, und eine Anzahl seitlicher Aussparungen 12a, die der Mittelöffnung 12b zugewandt sind und dazu eingerichtet sind, mit benachbarten Leitungsöffnungen der benachbarten Dichtungsanordnung in Verbindung zu stehen, in den einander gegenüberliegenden ersten und zweiten Seiten des Rahmens ausgebildet, wobei die Seitenaussparungen als Einrichtung dienen, um eine der Elektrodialyse zu unterziehende Flüssigkeit der Mittelöffnung zuzuführen und die der Elektrodialyse unterzogene Flüssigkeit aus der Mittelöffnung zu entnehmen. In der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, daß die Mittelöffnung 12b eine Fläche von mindestens 0,1 m<sup>2</sup> aufweist.

Fig. 5 ist eine Draufsicht einer Netz-Zwischenlage, die dazu eingerichtet ist, in den Rahmen eingesetzt zu werden, der in Fig. 4 gezeigt ist. Das Bezugszeichen 15 bezeichnet vorspringende Abschnitte einer Netz-Zwischenlage, die in die seitlichen Aussparungen 12a einzuführen sind, die in Fig. 4 gezeigt sind. Der Mittelabschnitt 14 bildet einen Abschnitt der Netz-Zwischenlage, der in die Mittelöffnung 12b des in Fig. 4 gezeigten Rahmens einzusetzen ist. Die Anzahl vorspringender Abschnitte 15, die oben definiert sind, weisen Öffnungen 16 auf, die in diesen ausgebildet sind und mit benachbarten Leitungsöffnungen 13 im benachbarten Rahmen in Verbindung stehen. Jeder der vorspringenden Abschnitte 15 der Netz-Zwischenlage bildet einen Durchlaß, der mit der Mittelöffnung 12b in Verbindung steht.

Der Dichtungsrahmen 12 und die Netz-Zwischenlage, die aus dem Mittelabschnitt 14 und einer Anzahl vorspringender Abschnitte 15 besteht, weisen eine solche Bemessungszuordnung auf, daß dann, wenn die Netz-Zwischenlage in das Innere des Rahmens eingesetzt ist, welche die Mittelöffnung 12b und die Seitenaussparungen 12a aufweist, ein Spielraum freigelassen ist, der längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen ausgebildet ist. Der Zwischenraum liegt im allgemeinen in der Größenordnung von 0,5 bis 5 mm, bevorzugt 1 bis 2 mm.

Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform eines geformten thermoplastischen Elastomers, das am Umfang der Netz-Zwischenlage der Fig. 5 so anzusetzen ist, daß der oben erwähnte Spielraum ausgefüllt wird. Das thermoplastische Elastomer dient als eine Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer, welche den Umfang zwischen der Netz-Zwischenlage und dem Innenumfang des Rahmens überbrückt. Das geformte thermoplastische Elastomer wird aus einer Bahn aus thermoplastischem Elastomer so ausgestanzt, daß es eine solche Form aufweist, daß die Außenwand des geformten Elastomers mit dem Innenumfang des Dichtungsrahmens der Fig. 4 übereinstimmt und die Innenkante hiervon die Umfangskante der Zwischenlage der Fig. 5 um mindestens eine Maschenlinie überlappt. Das thermoplastische Elastomer muß nicht in der geformten Gestalt vorliegen, die in Fig. 6 gezeigt ist. Das thermoplastische Elastomer kann ebenso auch streifen- oder bandförmig geformt sein. Das streifen- oder bandförmige thermoplastische Elastomer ist zu Streifen oder Bändern mit geeigneter Länge so zugeschnitten, daß die Streifen oder Bänder insgesamt den Spielraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen ausfüllen können.

Fig. 7 stellt die Dichtungsanordnung dar, in welcher die Zwischenlage der Fig. 5 mit dem Dichtungsrahmen der Fig. 4 durch eine Verbindungseinrichtung 18a aus thermoplastischem Elastomer verklebt bzw. verbunden ist, und welche dadurch erhalten werden kann, daß man das thermoplastische Elastomer der Fig. 6 in dem Spielraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage der Fig. 5 zwischen dieser und dem Innenumfang des Rahmens der Fig. 4 vorsieht und das Elastomer warm verpreßt.

Eine detaillierte Erörterung der vorliegenden Erfindung wird nun vorgelegt. Die Art von Material für den Dichtungsrahmen, die bei der vorliegenden Erfindung zu verwenden ist, ist nicht kritisch und verschiedenartige Materialien, die in der Technik bekannt sind, können verwendet werden. Als ein solches Material kann beispielsweise ein vulkanisierter Gummi erwähnt werden, der aus natürlichem oder synthetischem Gummi hergestellt ist, und ein Kunstharz, wie etwa Polyethylen, Polypropylen, ein Ethylen-Ethyl-Acrylat-Copolymer und ein Ethylen-Vinyl-Acetat-Copolymer. Der Dichtungsrahmen weist insgesamt eine Dicke von 0,2 bis 2 mm auf. Es ist bevorzugt, daß der Dichtungsrahmen eine A-Härte von zwischen 30° bis 95° aufweist, bei 20°C gemessen, und zwar in Übereinstimmung mit dem Verfahren, das in der japanischen Industrienorm K6301 vorgeschrieben ist.

Der bei der vorliegenden Erfindung zu verwendende Dichtungsrahmen weist bevorzugt einander gegenüberliegend eine erste und zweite Seite sowie einander gegenüberliegend eine dritte und vierte Seite auf, wobei die einander gegenüberliegenden ersten und zweiten Seiten und/oder die einander gegenüberliegenden dritten und vierten Seiten seitliche Aussparungen und seitliche Leitungsöffnungen aufweisen.

Der oben erwähnte Dichtungsrahmen, der einander gegenüberliegend eine erste und zweite Seite sowie einander gegenüberliegend eine dritte und vierte Seite aufweist, kann dadurch hergestellt werden, daß man eine Bahn aus dem oben erwähnten Gummi oder Harz unmittelbar einem Stanzvorgang unterzieht. Der Rahmen kann aber auch dadurch hergestellt werden, daß man aus einer Bahn zuerst vier Streifen ausschneidet, von denen zwei Streifen verhältnismäßig breit sind, um die einander gegenüberliegenden ersten und zweiten Seiten zu bilden, und die anderen beiden Streifen verhältnismäßig schmal sind, um die einander gegenüberliegenden dritten und vierten Seiten des Rahmens zu bilden, und man dann nachfolgend die vier Streifen fest an jenen Abschnitten verbindet, die in Fig. 3 durch gestrichelte Linien bezeichnet sind, und zwar mittels eines Klebers oder dergleichen. Als Kleber kann im allgemeinen ein Gummikleber verwendet werden.

Bei der vorliegenden Erfindung ist eine Netz-Zwischenlage im oben erwähnten Rahmen so angeordnet, daß die Netz-Zwischenlage in der Mittelöffnung des Rahmens oder sowohl der Mittelöffnung als auch den seitlichen Aussparungen des Rahmens angeordnet ist, mit einem Spielraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen. Jede Netz-Zwischenlage, die im allgemeinen bei der herkömmlichen Elektrodialyse verwendet wird, kann bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden, ohne daß irgend eine spezielle Beschränkung vorliegt. Beispielsweise können Netz-Zwischenlagen aus einem Netz mit Gittermuster, einem Netz mit Schräggittermuster, einem Netz mit Bienenwabenmuster und eine gewebte Gaze verwendet werden. Von diesen ist eine Netz-Zwischenlage mit Schräggittermuster am meisten bevorzugt. Als Material

für die Netz-Zwischenlage kann ein Kunstharz erwähnt werden. Repräsentative Beispiele geeigneter Kunstharze umfassen Polyolefine, wie etwa Polyethylen und Polypropylen, Polyvinylchlorid und Polyvinylidenchlorid. Vor diesen sind Polyolefine bevorzugt. Was die Härte angeht, ist es bevorzugt, daß das Material eine Rockwell-Härte der Reihe R von 50° bis 100° aufweist, gemessen in Übereinstimmung mit ASTM D 785 bei 20°C. Wenn eine Netz-Zwischenlage aus einem Material mit einer Rockwell-Härte der Reihe R von weniger als 50° verwendet wird, dann findet wahrscheinlich eine Verformung der Netz-Zwischenlage statt, wobei die Verteilung einer Flüssigkeit, die der Elektrodialyse unterzogen werden soll, veranlaßt wird, in den verdünnenden und konzentrierenden Abteilungen ungleichmäßig zu werden. Wenn andererseits eine Netz-Zwischenlage aus einem Material mit einer Rockwell-Härte R von mehr als 100° verwendet wird, dann ist die Bildung von feinen Löchern in den Ionen-Austauschmembranen wahrscheinlich. Die Netz-Zwischenlage kann insgesamt eine Dicke von 0,2 bis 2 mm aufweisen.

Die Abschnitte (z.B. das Bezugszeichen 15 in Fig. 5) der Netz-Zwischenlage, welche in den seitlichen Aussparungen des Rahmens angeordnet sind, und der Mittelabschnitt (beispielsweise das Bezugszeichen 14 der Fig. 5) der Netz-Zwischenlage, der in der Mittelloffnung des Rahmens angeordnet ist, können einstückig miteinander oder voneinander getrennt ausgebildet sein. Angesichts der leichteren Fertigung und des leichteren Betriebes jedoch sind beide Abschnitte der Zwischenlage bevorzugt einstückig ausgebildet.

Der Begriff "thermoplastisches Elastomer", der hier verwendet wird, bedeutet ein Polymer, das weiche Segmente und harte Segmente aufweist, und bei welchem die weichen Segmente bei Raumtemperatur in gummiartigem Zustand und die harten Segmente bei Raumtemperatur in einem glasartigen oder kristallinen Zustand vorliegen. Ein solches thermoplastisches Elastomer mit der oben erwähnten Struktur weist nicht nur eine gummiartige Elastizität ähnlicher jener eines herkömmlichen, vulkanisierten Gummis auf, und zwar infolge der Eigenschaften der weichen Segmente, sondern hat auch eine hervorragende Beständigkeit gegenüber plastischer Verformung infolge der Eigenschaften der harten Segmente. Ferner weist das thermoplastische Elastomer eine hervorragende Fließfähigkeit und Elastizität ähnlich herkömmlichen Kunststoffen auf, und deshalb weist das thermoplastische Elastomer eine hervorragende Verarbeitbarkeit auf.

Da das thermoplastische Elastomer einen niedrigen Erweichungspunkt aufweist und eine äußerst hohe Fließfähigkeit bei einer Temperatur aufweist, die herkömmlicherweise zum Heißpressen verwendet wird, ist die Spannung, die durch die Strömung des Elastomers während des Heipressens erzeugt wird, wenn man die Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung herstellt, äußerst klein. Ferner kann das thermoplastische Elastomer bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen und Drücken verarbeitet werden, verglichen mit jenen, die für die Verarbeitung herkömmlicher Gummis angewandt werden. Dementsprechend kann durch die Verwendung des thermoplastischen Elastomers eine Verbindung bzw. Verklebung zwischen dem Rahmen und der Zwischenlage vorgesehen werden, die in der Gleichförmigkeit hervorragend ist, ohne daß der Rahmen und die Zwischenlage rund um den Überbrückungsabschnitt, an dem die Verbindung vorgesehen ist, verformt werden. Wegen der Gleichförmigkeit in der Dicke der Überbrückungsabschnitte und des Fehlens einer Verformung von Rahmen und Zwischenlage kann, wenn die Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung in einer Elektrodialyseeinrichtung verwendet wird, eine Elektro-Dialyseeinrichtung vorgesehen werden, die frei ist von Leckage einer Flüssigkeit, die der Elektrodialyse unterzogen werden soll oder unterzogen wurde, selbst wenn der Befestigungsdruck verhältnismäßig niedrig ist, verglichen mit jenem Druck, der üblicherweise für die Montage einer herkömmlichen Elektro-Dialyseeinrichtung verwendet wird, und die eine hervorragende Wirkung der Elektrodialyse aufweist, die einen längeren Zeitraum hindurch stabil bleibt, ohne daß ein Bruch der Ionen-Austauschmembranen an Abschnitten stattfindet, wo die Membranen den Überbrückungsabschnitt zwischen dem Rahmen und der Zwischenlage berühren.

Außerdem kann durch Verwendung einer Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer, die eine Härte aufweist, die gleich oder kleiner ist als jene des Materials des Dichtungsrahmens, die Leckage von Flüssigkeit selbst dann wirksam verhindert werden, wenn der Befestigungsdruck der Vorrichtung weiter verringert wird. Der weiter verringerte Druck führt zu einer weiteren Abnahme in der Gefahr des Bruchs der Ionen-Austauschmembrane. Angesichts dieser Tatsache ist es bevorzugt, daß die Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer eine A-Härte von 30° bis 95° aufweist, gemessen bei 20°C, und zwar gemäß jener Methode, die durch die japanische Industrienorm K6301 vorgeschrieben ist.

Die Art des thermoplastischen Elastomers, die zur Bildung der thermoplastischen Verbindungseinrichtung verwendet werden soll, ist nicht speziell beschränkt, und im Handel erhältliche, thermoplastische Elastomere können verwendet werden. Repräsentative Beispiele geeigneter thermoplastischer Elastomere umfassen ein thermoplastisches Polystyrol-Elastomer, ein thermoplastisches Polyester-Elastomer, ein thermoplastisches Polyolefin-Elastomer, ein thermoplastisches Polyurethan-Elastomer und ein thermoplastisches Elastomer aus 1,2-Polybutadien. Es ist bevorzugt, daß die Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer eine gute Verträglichkeit gegenüber dem Material des Dichtungsrahmens aufweist. Dementsprechend ist es bevorzugt, daß die Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer in geeigneter Weise in Übereinstimmung mit der Art des Materials ausgewählt wird, das für den Rahmen verwendet wird. Wenn beispielsweise ein natürlicher Gummi oder synthetischer Gummi eines Styrol-Butadien-Copolymers als Material des Rahmens benutzt wird, dann ist bevorzugt eine Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer aus Polystyrol angesichts der Verbindungsfestigkeit zwischen der Elastomer-Verbindungseinrichtung und dem Rahmen benutzt. Noch weiter bevorzugt weist in diesem Fall die Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer Styrol-Butadien-Einheiten als weiche Segmente und Styrol-Einheiten als harte Segmente auf.

Das thermoplastische Elastomer weist vorzügliche Fließfähigkeit auf, wenn es heißgepreßt wird, um den Dichtungsrahmen mit der Netz-Zwischenlage zu verbinden bzw. zu verkleben, welche im allgemeinen aus einem Kunstharz mit einer schlechten Wärme-Verzerrungstemperatur gebildet ist, wie etwa Polyvinylchlorid, Polyvinylidenchlorid, Polyethylen und Polypropylen. Die Fließfähigkeit des thermoplastischen Elastomers kann ausge-

wertet werden durch die Fließgeschwindigkeit, die beispielsweise mittels des Shimadzu-Strömungsprüfgeräts Modell CFT-500 gemessen wird (hergestellt und vertrieben durch Shimadzu Corporation, Japan), mit einer Öffnung von 1 mm Durchmesser und 5 mm Länge und einer Last von 50 kg/cm<sup>2</sup> sowie bei einer Temperatur von 150°C. Es ist bevorzugt, daß die Fließgeschwindigkeit des thermoplastischen Elastomers, gemessen unter den oben genannten Bedingungen, etwa  $1 \times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/s oder mehr aufweist, und zwar im Hinblick auf die Verhinderung der Verzerrung der Zwischenlage rund um ihren Kantenabschnitt, wo die Zwischenlage mit dem Dichtungsrahmen mittels der Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer verbunden ist. Die obere Grenze der Fließgeschwindigkeit des thermoplastischen Elastomers ist nicht speziell begrenzt. Im allgemeinen jedoch beträgt die obere Grenze der Fließgeschwindigkeit etwa  $100 \times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/s.

Die Verbindung zwischen der Netz-Zwischenlage und der Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer wird hauptsächlich dadurch erhalten, daß man einen Kantenabschnitt der Netz-Zwischenlage in die Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer einbettet.

Nachfolgend wird das Verfahren zur Herstellung der Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung beschrieben.

Um eine Verklebung bzw. Verbindung zwischen dem Dichtungsrahmen und der Netz-Zwischenlage zu erhalten, weist die Netz-Zwischenlage bevorzugt eine solche Größe auf, daß dann, wenn sie in das Innere des Dichtungsrahmens eingeführt wird, ein Spielraum von etwa 0,5 bis 5 mm, noch mehr bevorzugt von 1 bis 2 mm, zwischen dem Umfang der Zwischenlage und dem Innenumfang des Rahmens vorgesehen wird, und zwar längs des gesamten Umfangs der Zwischenlage. Die Netz-Zwischenlage mit der oben erwähnten Größe wird in den Dichtungsrahmen eingeführt.

Das thermoplastische Elastomer wird zunächst zu einer Bahn geformt. Es ist bevorzugt, daß die Bahn eine Dicke von 90% bis 130%, mehr bevorzugt von 100% bis 115% der Dicke des Dichtungsrahmens aufweist. Nachfolgend wird die Bahn bevorzugt in Streifen mit einer geeigneten Größe zugeschnitten, beispielsweise mit einer Breite von 5 mm und einer Länge von 1000 mm.

Das streifenförmige, thermoplastische Elastomer kann so angeordnet werden, daß es den Spielraum zwischen dem Umfang der Netz-Zwischenlage und dem Innenumfang des Rahmens auf eine solche Weise abdeckt, daß der eine Längs-Seitenkantenabschnitt des Streifens des thermoplastischen Elastomers den entsprechenden Kantenabschnitt der Netz-Zwischenlage überlappt, während die andere Längs-Seitenkante des Streifens des thermoplastischen Elastomers mindestens an einem Abschnitt hiervon gegen den entsprechenden Innenumfang des Dichtungsrahmens anschlägt. Die Überlappung des Streifens des thermoplastischen Elastomers auf der Netz-Zwischenlage ist bevorzugt bis zu einem solchen Ausmaß herbeigeführt, daß mindestens eine Maschenlinie des entsprechenden Umfangs der Netz-Zwischenlage in das thermoplastische Elastomer eingebettet wird, wenn das thermoplastische Elastomer zum Herstellen einer Verbindung heißgepreßt wird. Andererseits ist es im Hinblick auf die Anlage zwischen der Seitenkante des Streifens des thermoplastischen Elastomers und den entsprechenden Innenumfang des Dichtungsrahmens und angesichts der Zunahme der Verbindungsfestigkeit hierzwischen bevorzugt, mindestens einen Abschnitt, bevorzugt mindestens 20%, des Seitenwand-Oberflächenbereiches des oben erwähnten, anderen Längs-Seitenkantenabschnitts des Streifens gegen den Innenumfang des Dichtungsrahmens anzuschlagen. Eine solche Anlage kann dadurch bewirkt werden, daß man den Umfangsabschnitt des Streifens durch die Finger andrückt.

Statt des oben erwähnten thermoplastischen Elastomers in Streifenform kann auch ein geformtes thermoplastisches Elastomer, wie es in Fig. 6 gezeigt ist, verwendet werden. Das geformte thermoplastische Elastomer kann aus einer Bahn aus dem thermoplastischen Elastomer in einer solchen Form ausgestanzt werden, daß die Außenwand des geformten Elastomers mit dem Innenumfang des Dichtungsrahmens übereinstimmt, und daß dessen Innenwand den Umfangsabschnitt der Zwischenlage um mindestens eine Maschenlinie überlappt.

Dann werden die Netz-Zwischenlage und das thermoplastische Elastomer, die auf die oben beschriebene Weise angeordnet wurden, mittels einer Heißpresse heiß verpreßt, welche einen Heißpreßbereich aufweist, der größer ist als jener Bereich, der durch die Streifenform oder das geformte thermoplastische Elastomer begrenzt ist, um hierbei ein Ausführungsbeispiel der Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung zu erhalten. Im Hinblick auf die Temperatur zum Heißpressen ist es bevorzugt, daß die Temperatur höher ist als der Erweichungspunkt des thermoplastischen Elastomers, das verwendet wird, jedoch nicht höher als die Temperatur, bei welcher die Zwischenlage unter Wärmeverzug leidet. Die Heißpreßtemperatur liegt im allgemeinen im Bereich zwischen 70 bis 170°C, bevorzugt zwischen 100 und 150°C.

Der Druck für das Heißpressen wird in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit des thermoplastischen Elastomers sowie dem Material und der Form der Zwischenlage geändert. Im allgemeinen liegt der Druck an den Abschnitten, wo der Rahmen und die Zwischenlage miteinander verbunden werden sollen, im Bereich von 0,5 bis 10 kg/cm<sup>2</sup>, bevorzugt 2 bis 5 kg/cm<sup>2</sup>. Ein solcher Druck wird verwendet, um eine Gleichförmigkeit in der Dicke an den Überbrückungsabschnitten zwischen dem Rahmen und der Zwischenlage zu erhalten und den Verzug der Zwischenlage rund um ihren Umfang zu verhindern, wo die Zwischenlage mit dem Rahmen verbunden ist.

Die Zeitdauer des Heißpreßvorgangs beeinflusst die Menge an thermoplastischem Elastomer, die erweicht wird und veranlaßt wird, durch den Wärmepreßvorgang sowohl in den Zwischenraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen als auch in die Maschen der Zwischenlage zu strömen. Da Menge und Gleichförmigkeit des thermoplastischen Elastomers, das veranlaßt wird, in den Zwischenraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen hineinzuströmen, sich merklich auf die Verbindungsfestigkeit zwischen dem Rahmen und die Zwischenlage auswirkt, ist die Heißpreßzeit streng kontrolliert. Die Zeitdauer des Heißpreßvorganges liegt im allgemeinen im Bereich von mehreren Sekunden bis zu mehreren Minuten. Wenn die Zeit zu lang ist, d.h. länger als mehrere Minuten, dann leidet die Zwischenlage wahrscheinlich unter Wärmeverzug.

Falls gewünscht, kann zum Erhöhen der Verbindungsfestigkeit bzw. Klebefestigkeit zwischen dem Innenumfang des Rahmens und der Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer eine geeignete Primer-Beschichtung auf den Innenumfang des Rahmens aufgebracht werden, bevor das thermoplastische Elastomer auf den Zwischenraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen aufgebracht wird. Als Material zum Bilden der Primer-Beschichtung können im Handel verfügbare Primers, wie etwa der Primer UR (hergestellt und verkauft durch No Tape Industrial Co., Ltd., Japan), verwendet werden.

Die Verbindung bzw. Verklebung, die mittels der Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer bereitgestellt wird, kann auf eine solche Weise geformt sein, daß der Zwischenraum längs des Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen gänzlich oder teilweise mit der Elastomer-Verbindungseinrichtung ausgefüllt ist. Angesichts der Beständigkeit gegenüber einer äußeren Kraft, die beim Zerlegen und Wiederzusammenbauen und Waschen der Dichtungen ausgeübt wird, ist es bevorzugt, daß mindestens 20% der Gesamtlänge des Spielraums mit der Elastomer-Verbindungseinrichtung ausgefüllt werden, so daß die Elastomer-Verbindungsabschnitte den Umfang der Netz-Zwischenlage und den Innenumfang des Rahmens an mehreren Abschnitten überbrückt, die unter geeigneten Abständen angeordnet sind. Es ist besonders bevorzugt, daß im wesentlichen der gesamte Zwischenraum mit der Elastomer-Verbindungseinrichtung ausgefüllt ist.

Die Dicke der Überbrückungsabschnitte zwischen dem Rahmen und der Zwischenlage, die durch die Verbindungseinrichtung aus dem thermoplastischen Elastomer gebildet sind, liegt bevorzugt im Bereich von 90% bis 110%, mehr bevorzugt von 95% bis 105% der Dicke des Rahmens.

Wie aus dem vorangehenden ersichtlich ist, weist die Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung einen Rahmen und eine Netz-Zwischenlage auf, die im Rahmen angeordnet ist, mit einem Spielraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen, und sie ist dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum gänzlich oder teilweise mit einer Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer ausgefüllt ist, welche den Umfang der Netz-Zwischenlage und den Innenumfang des Rahmens überbrückt, wodurch eine Verbindung bzw. Verklebung zwischen dem Rahmen und der Netz-Zwischenlage hergestellt wird. Dank der Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer sind nicht nur der Dichtungsrahmen und die Zwischenlage an ihrem Überbrückungsabschnitt unverformt, sondern die Überbrückungsabschnitte haben auch eine gleichförmige Dicke. Wenn die oben erwähnte Dichtungsanordnung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung verwendet wird, um verdünnende und konzentrierende Abteilungen in Zusammenwirkung mit Kationen- und Anionen-Austauschmembranen zu bilden, dann ist die Einrichtung frei von Problemen der Flüssigkeitsleckage, und zwar selbst bei einem Befestigungsdruck, der verhältnismäßig niedrig ist, verglichen mit jenen Befestigungsdrücken, die üblicherweise für Elektro-Dialyseeinrichtungen verwendet werden, welche herkömmliche Dichtungen enthalten, und der Bruch der Ionen-Austauschmembranen findet nicht an den Überbrückungsabschnitten zwischen dem Dichtungsrahmen und der Zwischenlage statt, so daß die Einrichtung imstande ist, eine hervorragende Leistung bei der Elektrodialyse für eine lange Zeitdauer hinweg aufzuweisen.

Es erfolgt nun die detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele. Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die nachfolgenden Beispiele und Vergleichsbeispiele beschrieben, welche nicht als Beschränkung des Umfangs der vorliegenden Erfindung angesehen werden sollen. Obwohl üblicherweise mehrere Stapel in einer Elektro-Dialyseeinrichtung enthalten sind, wird eine Elektro-Dialyseeinrichtung mit nur einem einzigen Stapel bei jedem der nachfolgenden Beispiele der vorliegenden Erfindung verwendet, und zwar im Hinblick auf die mühelose Erläuterung.

#### Beispiel 1

Eine vulkanisierte Bahn aus synthetischem Styrol-Butadien-Gummi Solprene® 1204 (hergestellt durch Nippon Elastomer K.K., Japan, und verkauft durch Asahi Kasei Kogyo K.K., Japan) mit der japanischen Industriennorm-Härte A von 80° (gemessen in Übereinstimmung mit der japanischen Industriennorm K6301) und einer Dicke von 0,5 mm, wurde zugeschnitten, um gleiche Anzahlen von Streifen mit zwei unterschiedlichen Größen zu erhalten, und zwar Streifen mit 30 mm Breite und 698 mm Länge, sowie Streifen mit 67 mm Breite und 356 mm Länge. Die Streifen wurden so angeordnet, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist, und dann mittels eines Klebers auf Gummibasis befestigt (Three Bond 152, hergestellt und verkauft durch Three Bond Co., Ltd.), und zwar in jenen Abschnitten, die in Fig. 5 durch gestrichelte Linien bezeichnet sind, um hierdurch einen Dichtungsrahmen ähnlich einem Bilderrahmen zu bilden, mit einer ersten Seite (untere Seite) sowie einer dieser gegenüberliegenden zweiten Seite, die jeweils aus dem 67 mm breiten, 356 mm langen Streifen hergestellt sind, und mit einer dritten Seite (linke Seite) sowie einer dieser gegenüberliegenden vierten Seite (rechte Seite), welche jeweils aus den 30 mm breiten und 698 mm langen Streifen hergestellt sind. Der Dichtungsrahmen wies eine Mittelloffnung mit einer Fläche von 20,6 dm<sup>2</sup> auf.

Dann wurden, wie in Fig. 4 gezeigt, vier Öffnungen 13 mit 22 mm Durchmesser und drei quadratische Löcher 12a mit einer Größe von 39 mm × 39 mm in der ersten Seite (untere Seite) des Dichtungsrahmens ausgebildet, wobei diese erste Seite eine Breite aufwies, die größer war als die Breite sowohl der dritten als auch vierten Seite. Ferner wurden drei Öffnungen 13 mit 22 mm Durchmesser und vier quadratische Löcher 12a mit einer Größe von 39 mm × 39 mm in der zweiten Seite (oberen Seite) des Dichtungsrahmens ausgebildet, wobei diese zweite Seite eine Breite aufwies, die größer war als die Breite sowohl der dritten als auch vierten Seite. Diese Öffnungen 13 und die quadratischen Löcher 12a wurden so ausgebildet, daß sie in jeder Seite unter gleichen Abständen angeordnet waren, gemessen zwischen den wechselweise nebeneinanderliegenden Öffnungen und quadratischen Löchern, welche miteinander alternieren, und so, daß die Öffnungen der ersten Seite des Rahmens den quadratischen Löchern der zweiten Seite des Rahmens gegenüberliegen.

Die dazwischenliegenden Abschnitte der ersten und zweiten Seiten des Rahmens zwischen den quadratischen Löchern und der Mittelloffnung des Rahmens wurden auf dieselbe Breite ausgeschnitten wie jene der quadrati-



schen Löcher, um seitliche Aussparungen zu bilden. Somit wurde ein Dichtungsrahmen 1 gebildet, wie er in Fig. 4 gezeigt ist, der einen Dichtungsrahmenkörper 12, seitliche Leitungsöffnungen 13, seitliche Aussparungen 12a und eine Mittelöffnung 12b aufweist.

Aus einem aus Polypropylen hergestellten Netz mit Schräggittermuster und einer Dicke von 0,52 mm, einer Maschenteilung von 5 mm in einer Richtung sowie 3 mm in der Richtung quer hierzu und einer Rockwell-Härte der Reihe R, gemessen in Übereinstimmung mit ASTM D785, von 90° wurde eine Netz-Zwischenlage hergestellt, die in Fig. 5 gezeigt ist. Die Netz-Zwischenlage hatte eine solche Größe, daß dann, wenn sie ins Innere des Dichtungsrahmens eingesetzt wurde, ein Spiel von 1 mm zwischen dem Umfang der Zwischenlage und dem Innenumfang des Rahmens freigelassen wurde, und zwar längs des gesamten Umfangs der Zwischenlage. Öffnungen 5 mit einem Durchmesser von 22 mm wurden in jeder der sieben vorstehenden Abschnitte 15 der Netz-Zwischenlage ausgebildet, wie in Fig. 5 gezeigt, und zwar in einer solchen Lagezuordnung, daß dann, wenn die Netz-Zwischenlage in den Dichtungsrahmen eingeführt wurde, während der Spielraum von 1 mm längs des gesamten Innenumfangs des Dichtungsrahmens freigelassen wurde, die Öffnungen 16, die in den vorspringenden Abschnitten 15 der Netz-Zwischenlage ausgebildet sind, auf die seitlichen Leitungsöffnungen 13 des Dichtungsrahmens ausgerichtet waren. Die Netz-Zwischenlage, die auf diese Weise vorbereitet war, wurde in das Innere des Dichtungsrahmens eingeführt, während ein Spiel von 1 mm längs des gesamten Innenumfangs des Dichtungsrahmens freigelassen.

Pellets aus einem thermoplastischen 1,2-Polybutadien-Elastomer (JSR RB 830, hergestellt und verkauft durch Japan Synthetic Rubber Co., Ltd.) wurden mittels einer Heizwalze kalandert, wobei eine Bahn erhalten wurde, die eine Dicke von 0,55 mm aufwies. Die Bahn wurde zu einem Band zurechtgeschnitten. Das Band hatte eine Breite von 5 mm und eine A-Härte von 70° (gemessen in Übereinstimmung mit der japanischen Industriennorm K6301). Die Strömungsgeschwindigkeit als Anzeige für die Strömungseigenschaft der Schmelze des thermoplastischen Elastomers betrug  $55,1 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$ , gemessen bei 150°C unter einer Last von 50 kg/cm<sup>2</sup> mittels einer Strömungs-Prüfeinrichtung Modell CFT-500 (hergestellt und verkauft durch Shimadzu Corporation, Japan) mit einer Öffnung von 1 mm Durchmesser und 5 mm Länge.

Das 5 mm breite thermoplastische Elastomerband wurde so angeordnet, daß es vollständig den Spielraum zwischen dem gesamten Umfang der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen solchermaßen abgedeckt hat, daß der eine Längs-Seitenkantenabschnitt des Bandes des thermoplastischen Elastomers den entsprechenden Kantenabschnitt der Netz-Zwischenlage überlappt hat (die Breite des überlappten Seitenkantenabschnitts des Bandes betrug 4 mm), während die andere Längs-Seitenkante des Bandes des thermoplastischen Elastomers gegen den entsprechenden Innenumfang des Dichtungsrahmens anlag, und zwar über dessen gesamte Länge. Dann wurde das thermoplastische Elastomer unter einem Druck von 3 kg/cm<sup>2</sup> bei 110°C 2 Minuten lang warmgepreßt, so daß das thermoplastische Elastomer gänzlich den Spielraum ausgefüllt hat und der Umfangsabschnitt der Netz-Zwischenlage in das Band aus thermoplastischem Elastomer eingebettet war. Als Ergebnis wurde eine Verklebung bzw. Verbindung zwischen der Netz-Zwischenlage und dem Rahmen hergestellt. Im wesentlichen dieselbe Vorgehensweise, wie sie oben beschrieben ist, wurde wiederholt, um 300 Dichtungsanordnungen zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung herzustellen, die jeweils mit sieben seitlichen Aussparungen (Breite des Flüssigkeitskanalabschnitts: 26 mm) versehen waren und eine Dicke von 0,5 mm sowie eine wirksame Stromflußfläche von 19,6 dm<sup>2</sup> aufwiesen. Die somit erhaltenen Dichtungsanordnungen hatten eine mittlere Dichte von 0,512 mm an den Überbrückungsabschnitten zwischen dem Rahmen und der Zwischenlage, an welcher das thermoplastische Elastomerband aufgebracht wurde, um hierzwischen eine Verklebung bzw. Verbindung vorzusehen. Eine Draufsicht auf die Dichtungsanordnung ist in Fig. 7 gezeigt. In Fig. 7 bezeichnet das Bezugszeichen 12 einen aus vulkanisiertem Gummi hergestellten Dichtungsrahmen, die Bezugszeichen 14 und 15 bezeichnen einen Mittelabschnitt bzw. vorspringenden Abschnitt der Netz-Zwischenlage, die mit dem Dichtungsrahmen längs des gesamten Umfangs der Zwischenlage verklebt ist. Das Bezugszeichen 13 stellt seitliche Leitungsöffnungen dar, die dazu eingerichtet sind, mit den Aussparungen der benachbarten Dichtungsanordnung in Verbindung zu stehen. Das Bezugszeichen 16 stellt Öffnungen der Aussparungen dar, welche dazu eingerichtet sind, mit den Leitungsöffnungen der benachbarten Dichtungsanordnung in Verbindung zu stehen. Das Bezugszeichen 18a stellt einen Überbrückungsabschnitt dar, an welchem die Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer den Umfang der Netz-Zwischenlage und den Innenumfang des Rahmens überbrückt.

Die 300 Dichtungsanordnungen wurden in einer Elektro-Dialyseeinrichtung verwendet, die verdünnende Abteilungen und konzentrierende Abteilungen aufwies, die mittels Kationen-Austauschmembranen, Anionen-Austauschmembranen und den zwischen diesen angeordneten Dichtungsanordnungen ausgebildet und alternierend angeordnet waren. Von den 300 Dichtungsanordnungen, die auf diese Weise hergestellt waren, wurden 150 Dichtungsanordnungen als Dichtungsanordnungen für verdünnende Abteile verwendet, wobei die Dichtungsanordnungen drei Kanäle zum Zuführen der der Elektrodialyse zu unterziehenden Flüssigkeit zu dem wirksamen Stromflußbereich und vier Kanäle zum Abführen der der Elektrodialyse unterzogenen Flüssigkeit aufwiesen. Die verbleibenden 150 Dichtungsanordnungen wurden als Dichtungsanordnungen für die konzentrierenden Abteile verwendet, wobei die Dichtungsanordnungen vier Kanäle zum Zuführen der Flüssigkeit zu dem wirksamen Stromflußbereich und drei Kanäle zum Abführen der Flüssigkeit aufwiesen. Als Ionen-Austauschmembranen wurden 150 Bogen aus ACIPLEX® K-182 (Handelsname einer Kationen-Austauschmembrane, hergestellt und verkauft durch Asahi Kasei Kogyo Kabushiki Kaisha, Japan) benutzt, und 150 Bogen aus ACIPLEX® A-182 (Handelsname einer Anionen-Austauschmembrane, hergestellt und verkauft durch Asahi Kasei Kogyo Kabushiki Kaisha, Japan) wurden für die Elektro-Dialyseexperimente benutzt, die unten beschrieben sind. Die Anionen-Austauschmembranen, Kationen-Austauschmembranen und Dichtungsanordnungen wurden alternierend angeordnet, um verdünnende und konzentrierende Abteile zu bilden, und wurden zu einem Stapel zusammengebaut, wie in Fig. 2 gezeigt, und der Stapel wurde mittels eines Paares von Befestigungsrahmen vorgefestigt. Die Zeit,

die zum Zusammenbau des Stapels erforderlich war, betrug mit zwei Arbeitern 8 Stunden. Der vorläufig befestigte Stapel wurde zwischen einem Paar Elektroden einer Filterpressen-Elektro-Dialyseeinrichtung angeordnet und mittels einer hydraulischen Presse befestigt.

Natürliches Meerwasser (das etwa 2,5 Gew.-% Natriumchlorid enthielt) wurde mit linearen Geschwindigkeiten von 0,5 cm/s bzw. 5 cm/s den konzentrierenden und verdünnenden Abteilen zugeführt. Da eine Leckage des Meerwassers aus den Abteilen der Vorrichtung zu deren Ausseite hin (nachfolgend oft einfach "äußere Leckage" genannt) beobachtet wurde, wurde der Stapel mittels der hydraulischen Presse erneut befestigt, bis keine äußere Leckage mehr beobachtet wurde. Der Befestigungsdruck pro cm<sup>2</sup> des wirksamen Stromflußbereiches, der erforderlich war, um keine äußere Leckage zu erreichen (nachfolgend oft einfach "Befestigungsdruck" genannt), war kalibriert auf 1,0 kg/cm<sup>2</sup>.

Nachfolgend wurde die Menge der Leckage des Meerwassers aus den verdünnenden Abteilen zu den konzentrierenden Abteilen (nachfolgend häufig einfach "innere Leckage" genannt) gemessen, wie folgt. Das heißt, die lineare Geschwindigkeit des Meerwassers (verdünnender Strom), das in die verdünnenden Abteile eingeleitet wurde, wurde von 5 cm/sec auf 0,2 cm/sec verringert und die Zufuhr des Meerwassers (konzentrierender Strom) in die konzentrierenden Abteile wurde angehalten. Das Meerwasser im Inneren der konzentrierenden Abteile wurde abgelassen, um die Zufuhr des Meerwassers in die verdünnenden Abteile bei 0,2 cm/sec wurde eine Stunde lang fortgesetzt. Das Volumen des Meerwassers, das aus den verdünnenden Abteilen in die konzentrierenden Abteile innerhalb einer Stunde ausleckte, wurde unter Verwendung eines herkömmlichen Volumen-Meßgeräts gemessen. Es hat sich herausgestellt, daß die oben definierte innere Leckage 1,0 ml/min pro Abteil betrug.

Danach wurde die lineare Geschwindigkeit des Meerwassers, das in die Verdünnungsabteile eingeleitet wurde, von 0,2 cm/sec auf 5 cm/sec zurückgeführt, und die Zuführung des Meerwassers in die konzentrierenden Abteile wurde mit einer linearen Geschwindigkeit von 0,5 cm/sec wieder begonnen. Die Elektrodialyse des Meerwassers wurde 10 Tage bei einem Strom von 79 Ampere unter Aufbringung einer Gleichspannung fortgesetzt. Nach dem 10-tägigen Betrieb hat sich herausgestellt, daß die mittlere Konzentration des Natriumchlorids (nachfolgend einfach als "Natriumchloridkonzentration" bezeichnet) 203 g/l in bezug auf das Meerwasser in den konzentrierenden Abteilen betrug.

Wenn die Elektro-Dialyseeinrichtung zerlegt wurde, wurde kein Auftreten eines Bruchs an den Überbrückungsabschnitten zwischen dem Dichtungsrahmen und der Netz-Zwischenlage (nachfolgend oft einfach als "Rahmen-Zwischenlage-Überbrückungsabschnitt" bezeichnet) beobachtet, und keine Verformung der Ionen-Austauschmembran.

Ferner wurde eine Folge von der Montage der Elektro-Dialyseeinrichtung, Durchführung eines 10-tägigen Elektro-Dialysebetriebs und einem Zerlegen der Einrichtung viermal wiederholt. Die erzielten Ergebnisse sind in der Tabelle 1 gezeigt.

Tabelle 1

	Befestigungsdruck (kg/cm <sup>2</sup> .G)	innere Leckage (ml/min pro Abteil)	Natriumchlorid- Konzentration (g/l)
erste Montage	1,0	1,0	203
zweite Montage	1,2	1,4	198
dritte Montage	1,0	1,1	202
vierte Montage	1,2	1,2	202
fünfte Montage	1,1	1,5	197

Wenn die Elektro-Dialyseeinrichtung nach einer gesamten Betriebsdauer von 50 Tagen zerlegt wurde, wurde kein Auftreten eines Bruchs an den Rahmen-Zwischenlage-Überbrückungsabschnitten und keine Verformung der Zwischenlage beobachtet. Außerdem traten keine Falten, kein Bruch und keine feinen Löcher in der Ionen-Austauschmembran auf.

## Beispiel 2

Im wesentlichen dasselbe Vorgehen wie im Ausführungsbeispiel 1 wurde wiederholt, um eine Dichtungsanordnung vorzubereiten, mit Ausnahme des Umstands, daß eine 0,5 mm dicke Bahn aus Ethylen-Ethylen-Acrylat-(EEA)-Copolymerharz (WN-930, hergestellt und verkauft durch Nippon Unicar Company Limited, Japan) verwendet wurde, um einen Dichtungsrahmen mit einer Dicke von 0,5 mm herzustellen. Die resultierende Dichtungsanordnung wurde mit sieben seitlichen Aussparungen versehen (Weite des Flüssigkeitskanalabschnitts: 26 mm), einer mittleren Dicke von 0,525 mm an den Rahmen-Zwischenlage-Überbrückungsabschnitten und einer wirksamen Stromflußfläche von 19,6 dm<sup>2</sup>. Die so erhaltene Dichtungsanordnung zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung ist in Fig. 7 gezeigt.

Im wesentlichen derselbe Vorgang wie oben erwähnt wurde wiederholt, um 300 Dichtungsanordnungen für eine Elektro-Dialyseeinrichtung herzustellen.

Eine Elektro-Dialyseeinrichtung wurde auf im wesentlichen dieselbe Weise wie in Beispiel 1 zusammengebaut, wobei die oben hergestellten Dichtungsanordnungen und dieselbe Art und Anzahl von Ionen-Austauschmem-

branen wie jene, die in Beispiel 1 verwendet sind, benutzt wurden. Die Zeit zum Montieren der Elektro-Dialyseeinrichtung mit zwei Arbeitern betrug 8 Stunden.

Im wesentlichen dasselbe Vorgehen wie in Beispiel 1 wurde wiederholt, um den Befestigungsdruck und die innere Leckage zu messen. Als Ergebnis hat sich herausgestellt, daß der Befestigungsdruck und die innere Leckage in der Größenordnung von  $1,4 \text{ kg/cm}^2$  bzw.  $1,4 \text{ ml/min}$  pro Abteil betrugen. Die Elektrodialyse des Meerwassers wurde 10 Tage unter denselben Bedingungen wie in Beispiel 1 durchgeführt. Als Ergebnis hat sich herausgestellt, daß die mittlere Natriumchlorid-Konzentration  $198 \text{ g/l}$  betrug.

Wenn die Elektro-Dialyseeinrichtung zerlegt wurde, wurde kein Auftreten eines Bruchs an den Rahmen-Zwischenlage-Überbrückungsabschnitten und keine Verformung der Ionen-Austauschmembranen und der Zwischenlagen beobachtet.

### Beispiel 3

Im wesentlichen dieselbe Vorgehensweise wie in Beispiel 1 wurde wiederholt, um eine Dichtungsanordnung herzustellen, mit Ausnahme der Tatsache, daß ein thermoplastisches Polystyrol-Elastomer mit Butadien-Einheiten aus weichen Segmenten und Styrol-Einheiten aus harten Segmenten (Tufprene® 315, hergestellt und verkauft durch Asahi Kasei Kogyo K.K., Japan) anstelle des thermoplastischen 1,2-Polybutadien-Elastomers herangezogen wurde, um eine Verbindung bzw. Verklebung zwischen dem Dichtungsrahmen und der Netz-Zwischenlage zu erzielen. Das thermoplastische Elastomer hatte die Härte A, gemessen nach der Methode, die nach der japanischen Industrienorm K6301 vorgeschrieben ist, von  $60^\circ$  und eine Fließfähigkeit der Schmelze, gemessen auf dieselbe Weise wie in Beispiel 1, von  $5,2 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$ . Die mittlere Dicke der Rahmen-Zwischenlage-Überbrückungsabschnitte betrug  $0,52 \text{ mm}$ .

Im wesentlichen dasselbe Vorgehen wie oben erwähnt wurde wiederholt, um 300 Dichtungen zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung herzustellen.

Eine Elektro-Dialyseeinrichtung wurde auf dieselbe Weise wie in Beispiel 1 unter Verwendung der oben hergestellten Dichtungsanordnungen und derselben Art und Anzahl von Ionen-Austauschmembranen wie jede, die in Beispiel 1 verwendet wurden, zusammengebaut. Die zur Montage der Elektro-Dialyseeinrichtung erforderliche Zeit für zwei Arbeiter betrug 8 Stunden.

Im wesentlichen derselbe Vorgang wie beim Beispiel 1 wurde wiederholt, um den Befestigungsdruck und die innere Leckage zu messen. Als Ergebnis hat sich herausgestellt, daß der Befestigungsdruck und die innere Leckage ein Normalmaß von  $1,3 \text{ kg/cm}^2$  bzw.  $1,2 \text{ ml/min}$  pro Abteil betrugen. Die Elektrodialyse von Meerwasser wurde 10 Tage lang unter denselben Bedingungen wie in Beispiel 1 durchgeführt. Als Ergebnis hat sich herausgestellt, daß die mittlere Natriumchlorid-Konzentration  $202 \text{ g/l}$  betrug.

Wenn die Elektro-Dialyseeinrichtung zerlegt wurde, wurde kein Auftreten eines Bruchs der Rahmen-Zwischenlage-Überbrückungsabschnitte sowie keine Verformung der Ionen-Austauschmembranen und Zwischenlagen beobachtet.

### Vergleichsbeispiel 1

Im wesentlichen dasselbe Vorgehen wie in Beispiel 1 wurde wiederholt, mit der Ausnahme, daß das Material zum Herstellen einer Verbindung bzw. Verklebung zwischen dem Dichtungsrahmen und der Netz-Zwischenlage abgeändert wurde auf einen unvulkanisierten, synthetischen Styrol-Butadien-Gummi (Solprene®, hergestellt von Nippon Elastomer K.K., Japan und verkauft von Asahi Kasei Kogyo K.K., Japan), wobei 300 Dichtungen erhalten wurden.

Das Verfahren zur Herstellung einer Verbindung zwischen der Dichtung und der Netz-Zwischenlage war folgendes.

Ein Thiuram-Vulkanisierbeschleuniger (Soxinol®, hergestellt und verkauft durch Sumitomo Chemical Co., Ltd., Japan) wurde dem unvulkanisierten Gummi in einer Menge von 1 Gew.-% auf der Grundlage des Gewichts des unvulkanisierten Gummis zugesetzt. Der resultierende, den Vulkanisierbeschleuniger enthaltende, unvulkanisierte Gummi wurde bei  $60^\circ \text{C}$  gewalzt, um eine Bahn mit einer Dicke von  $0,5 \text{ mm}$  herzustellen. Die Bahn wurde in ein Band mit einer Breite von  $5 \text{ mm}$  zerschnitten.

Nachfolgend wurde ein Kleber auf der Grundlage unvulkanisierten Gummis, der durch Auflösen eines Teils des oben gewonnenen unvulkanisierten Gummis in Methylethylketon hergestellt war, auf den gesamten Innenumfang des Dichtungsrahmens aufgebracht. Dann wurde das oben hergestellte, unvulkanisierte Gummiband mit einer Breite von  $5 \text{ mm}$  so angeordnet, daß es vollständig den Spielraum längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen auf eine solche Weise abgedeckt hat, daß ein Längs-Seitenkantenabschnitt des Gummibandes den entsprechenden Kantenabschnitt der Netz-Zwischenlage abgedeckt hat, während die andere Längs-Seitenkante des Gummibandes gegen den entsprechenden Innenumfang des Dichtungsrahmens über dessen gesamte Länge angeschlagen hat. Dann wurden der unvulkanisierte Gummibandabschnitt und der Kleber bei  $150^\circ \text{C}$  5 Minuten lang unter einem Druck von  $5 \text{ kg/cm}^2$  so heißgepreßt, daß der unvulkanisierte Gummi vulkanisiert wurde, wobei der Umfangsabschnitt der Netz-Zwischenlage in das vulkanisierte Gummiband eingebettet wurde, um hierdurch eine Verbindung bzw. Verklebung zwischen dem Dichtungsrahmen und der Netz-Zwischenlage herzustellen.

Im wesentlichen dasselbe Vorgehen wie oben erwähnt wurde wiederholt, um 300 Dichtungen zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung herzustellen, die mit sieben seitlichen Aussparungen versehen waren (Breite des Flüssigkeits-Kanalabschnitts:  $26 \text{ mm}$ ) und eine wirksame Stromflußfläche von  $19,6 \text{ dm}^2$  aufwiesen. Die mittlere Dicke des Überbrückungsabschnitts, der mittels des vulkanisierten Gummis hinsichtlich der 300 Dichtungsanordnungen erzeugt wurde, betrug  $0,55 \text{ mm}$ . Hinsichtlich von 8 Dichtungsanordnungen aus den 300

Dichtungsanordnungen wurden 10 Verformungen beobachtet, d.h. das Vorstehen von Fäden der Zwischenlagen und Graten aus vulkanisiertem Gummi, aus den von der Oberfläche der Zwischenlage und des Dichtungsrahmens. Die somit gebildete Dichtungsanordnung ist in Fig. 8 gezeigt.

In Fig. 8 stellt das Bezugszeichen 12 einen Dichtungsrahmen dar, der aus einer Bahn vulkanisierten Gummis hergestellt ist, das Bezugszeichen 14 stellt einen Mittelabschnitt einer Zwischenlage dar, die in der Mittelöffnung des Dichtungsrahmens angeordnet ist und das Bezugszeichen 15 stellt Abschnitte einer Netz-Zwischenlage dar, die in seitlichen Aussparungen angeordnet sind. Das Bezugszeichen 13 stellt seitliche Leitungsöffnungen dar und das Bezugszeichen 16 stellt Öffnungen der Netz-Zwischenlage an ihren Abschnitten dar, welche in den seitlichen Aussparungen angeordnet sind. Das Bezugszeichen 18b stellt eine Verbindungseinrichtung aus vulkanisiertem Gummi dar.

Eine Elektro-Dialyseeinrichtung wurde auf im wesentlichen dieselbe Weise wie im Beispiel 1 montiert, wobei die oben vorbereiteten Dichtungsanordnungen und dieselbe Art und Anzahl von Ionenmembranen wie jene verwendet wurden, die in Beispiel 1 verwendet sind. Nachfolgend wurden der Befestigungsdruck und die innere Leckage aus im wesentlichen dieselbe Weise wie in Beispiel 1 gemessen, und es hat sich herausgestellt, daß sie einen Nennwert von 1,8 kg/cm<sup>2</sup> bzw. 2 ml/min pro Abteil hatten.

Meerwasser wurde eingeleitet, und ein Gleichstrom war auf im wesentlichen dieselbe Weise unter im wesentlichen denselben Bedingungen wie im Beispiel 1 angelegt, um einen 10-tägigen Dauerbetrieb durchzuführen. Die mittlere Natriumchlorid-Konzentration betrug 191 g/l.

Nachfolgend wurde die Elektro-Dialyseeinrichtung zerlegt. Einige Risse wurden an den Abschnitten der Ionen-Austauschmembranen beobachtet, wo die Membranen mit vorstehenden Fäden der Zwischenlagen in Berührung traten und die vorspringenden Grate des vulkanisierten Gummis berührten, wobei die vorspringenden Fäden und Grate schon nach der Herstellung der Dichtungsanordnungen beobachtet waren. Ferner wurde um die gesprungenen Abschnitte eine Verdickung bzw. Ausbuchtung der Membranen beobachtet.

Eine Folge von Montieren der Elektro-Dialyseeinrichtung, Durchführen eines 10 Tage-Betriebs und Zerlegen der Einrichtung wurde viermal wiederholt, um den Befestigungsdruck, die innere Leckage und die Natriumchlorid-Konzentration zu überprüfen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 gezeigt.

Tabelle 2

	Befestigungsdruck (kg/cm <sup>2</sup> -G)	innere Leckage (ml/min pro Abteil)	Natriumchlorid- Konzentration (g/l)
erste Montage	1,5	2,0	191
zweite Montage	1,6	2,3	188
dritte Montage	1,7	2,4	187
vierte Montage	1,6	2,5	185
fünfte Montage	1,7	2,8	182

Nach Fertigstellung des fünften 10 Tage-Betriebs wurde die Elektro-Dialyseeinrichtung zerlegt. Als Ergebnis wurden viele Risse an den Abschnitten der Ionen-Austauschmembranen beobachtet, wo die Membranen die vorspringenden Fäden der Zwischenlagen und die vorspringenden Grate der Zwischenlagen berührt haben, wobei die vorspringenden Fäden und Grate bereits nach der Fertigstellung der Dichtungsanordnungen beobachtet wurden. Ferner wurden im Hinblick auf vier Ionen-Austauschmembranen feine Löcher beobachtet. Außerdem waren rund um die oben erwähnten Abschnitte die Ionen-Austauschmembranen leicht verdickt bzw. ausgebuchtet. Die Höhe des ausgebuchteten bzw. verdickten Abschnitts einer jeden Membrane betrug etwa 0,1 mm bis etwa 0,2 mm, gemessen in bezug auf jede der Membranen, die auf einer horizontalen Ebene aufgesetzt war.

## Vergleichsbeispiel 2

Dieselbe Netz-Zwischenlage, die in Beispiel 1 verwendet wurde, wurde in denselben Dichtungsrahmen eingesetzt, wie er in Beispiel 1 verwendet ist, während man einen Spielraum von 1 mm zwischen der Zwischenlage und dem Innenumfang des Dichtungsrahmens längs des gesamten Umfangs der Zwischenlage freiließ, wie in Fig. 9 gezeigt.

Dann wurden neun Klebverbindungen (siehe Bezugszeichen 18c in Fig. 9) zwischen dem Dichtungsrahmen und der Zwischenlage gebildet, wobei man einen Epoxyleber (ARALDITE STANDARD®, hergestellt und verkauft durch Ciba Geigy Co., Schweiz) verwendet hat, um die Zwischenlage mit dem Dichtungsrahmen zu verkleben. Der Durchmesser einer jeden Klebverbindung 18c betrug etwa 15 mm.

Im wesentlichen dasselbe Vorgehen, wie es oben erwähnt ist, wurde wiederholt, um 300 Dichtungsanordnungen zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung herzustellen.

Die mittlere Dicke der Klebverbindungen 18c einer jeden hergestellten Dichtung betrug 0,6 mm. Die Dicke der Klebverbindungen 18c einer jeden Dichtung hatte eine breite Verteilung, der Bereich reichte von einer Mindestdicke von 0,51 mm bis zu einer Höchstdicke von 0,72 mm.

Eine Elektrodialyse-Einrichtung wurde auf im wesentlichen dieselbe Weise wie in Beispiel 1 zusammengebaut, wobei man die oben hergestellten Dichtungsanordnungen und dieselbe Art und Anzahl von Ionen-Austausch-

membranen wie jene verwendete, die in Beispiel 1 verwendet sind. Im wesentlichen dasselbe Vorgehen wie in Beispiel 1 wurde wiederholt, um den Befestigungsdruck und die innere bzw. anfängliche Leckage zu messen. Als Ergebnis hat sich herausgestellt, daß der Befestigungsdruck und die innere bzw. anfängliche Leckage eine Nenngröße von 2 kg/cm<sup>2</sup> bzw. 5 ml/min pro Abteil betragen. Da die Menge der inneren Leckage groß war, wie oben erwähnt, wurde die Einrichtung zerlegt, um den Grund des großen Maßes der inneren Leckage herauszufinden. Als Ergebnis wurden viele Risse und Löcher an den Abschnitten der Ionen-Austauschmembranen dort beobachtet, wo die Membranen die Klebverbindungen berührten, die aus Epoxidharz hergestellt wurden.

#### Beispiel 4

Im wesentlichen dasselbe Vorgehen wie in Beispiel 1 beschrieben wurde wiederholt, um 300 Dichtungsanordnungen herzustellen, mit der Ausnahme, daß die Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer nur längs des Umfangs jener Abschnitte der Netz-Zwischenlage an ihren Abschnitten ausgebildet war, welche in den seitlichen Aussparungen angeordnet waren, wie in Fig. 10 gezeigt. Die Überbrückungsabschnitte von Rahmen und Zwischenlage hatten eine mittlere Dicke von 0,510 mm.

In Fig. 10 stellt das Bezugszeichen 12 den aus vulkanisiertem Gummi hergestellten Dichtungsrahmen dar, das Bezugszeichen 13 die seitlichen Leitungsöffnungen, das Bezugszeichen 16 die Öffnungen, das Bezugszeichen 15 jene Abschnitte der Netz-Zwischenlage, welche in den seitlichen Aussparungen angeordnet sind, das Bezugszeichen 14 einen Mittelabschnitt der Netz-Zwischenlage, der in der Mittelloffnung angeordnet ist, und das Bezugszeichen 18a die Verbindungseinrichtung aus thermoplastischem Elastomer.

Eine Elektro-Dialyseeinrichtung wurde auf dieselbe Weise wie in Beispiel 1 zusammengebaut, wobei die oben hergestellten Dichtungsanordnungen und dieselbe Art und Anzahl von Ionen-Austauschmembranen wie jene verwendet wurden, die in Beispiel 1 herangezogen sind. Die Zeit zur Montage der Elektro-Dialyseeinrichtung betrug für zwei Arbeiter 8 Stunden.

Im wesentlichen dasselbe Vorgehen wie in Beispiel 1 wurde wiederholt, um den Befestigungsdruck und die innere Leckage zu messen. Als Ergebnis hat sich herausgestellt, daß der Befestigungsdruck und die innere Leckage einen Nennwert von 1,3 kg/cm<sup>2</sup> bzw. 1,5 ml/min pro Abteil hatten. Die Elektrodialyse von Meereswasser wurde 10 Tage unter denselben Bedingungen wie in Beispiel 1 durchgeführt. Als Ergebnis hat sich herausgestellt, daß die mittlere Natriumchlorid-Konzentration 197 g/l betrug.

Als die Elektro-Dialyseeinrichtung zerlegt wurde, wurde kein Auftreten eines Bruchs der Rahmen-Zwischenlage-Überbrückungsabschnitte und keine Verformung der Ionen-Austauschmembranen und der Zwischenlage beobachtet.

#### Patentansprüche

1. Dichtungsanordnung zur Verwendung in einer Elektro-Dialyseeinrichtung, die mehrere alternierend angeordnete Kationen- und Anionen-Austauschmembranen sowie Dichtungsanordnungen aufweist, die zwischen diesen eingesetzt sind, mit den folgenden Merkmalen:
  - ein Rahmen, der aus natürlichem oder synthetischem Gummi oder einem Kunstharz hergestellt ist, mit einer Mittelloffnung und seitlichen Aussparungen, die in den inneren Umfangsabschnitten des Rahmens ausgebildet ist, und mit seitlichen Leitungsöffnungen, wobei die seitlichen Aussparungen der Mittelloffnung zugewandt sind und die seitlichen Aussparungen als eine Einrichtung zum Zuführen einer durch Elektrodialyse zu behandelnden Flüssigkeit zur Mittelloffnung und zum Abführen der durch Elektrodialyse behandelten Flüssigkeit von der Mittelloffnung dienen, und
  - eine Netz-Zwischenlage, die aus Kunstharz hergestellt ist, im Rahmen angebracht ist und in der Mittelloffnung oder sowohl in der Mittelloffnung als auch in den seitlichen Aussparungen so angeordnet ist, daß sie ein Spiel längs des gesamten Umfangs der Netz-Zwischenlage zwischen dieser und dem Rahmen vorsieht,
- dadurch gekennzeichnet, daß das Spiel ganz oder teilweise mit einer Verbindungseinrichtung (18a) aus thermoplastischem Elastomer ausgefüllt ist, welche den Umfang der Netz-Zwischenlage (14) und den Innenumfang des Rahmens (12) überbrückt und hierbei eine Klebverbindung zwischen der Netz-Zwischenlage und dem Rahmen herstellt.
2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungseinrichtung (18a) aus thermoplastischem Kunstharz eine A-Härte von 30° bis 95° aufweist, gemessen bei 20°C nach der Methode, die in der japanischen Industrienorm K 6301 beschrieben ist.
3. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Kunstharz, das die Zwischenlage (14) bildet, ein Polyolefin ist.
4. Dichtungsanordnung nach jedem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Rahmen (12) aus einander gegenüberliegenden ersten und zweiten Seiten sowie einander gegenüberliegenden dritten und vierten Seiten gebildet ist, und daß die gegenüberliegenden ersten und zweiten Seiten und/oder die gegenüberliegenden dritten und vierten Seiten die Seitenaussparungen (12a) und die seitlichen Leitungsöffnungen (13) aufweisen.
5. Dichtungsanordnung nach jedem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Netz-Zwischenlage (14) sowohl in der Mittelloffnung (12b) als auch in den seitlichen Aussparungen (12a) angeordnet ist, und daß jeder Abschnitt (15) der Netz-Zwischenlage (14), der in den seitlichen Aussparungen (12a) angeordnet ist, eine Öffnung (16) aufweist.
6. Dichtungsanordnung nach jedem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungseinrichtung (18a) aus thermoplastischem Elastomer aus mindestens einem Teil gebildet ist, das aus der

Gruppe ausgewählt ist, welche aus einem thermoplastischen Polystyrol-Elastomer, einem thermoplastischen Polyester-Elastomer, einem thermoplastischen Polyolefin-Elastomer, einem thermoplastischen Polyurethan-Elastomer und einem thermoplastischen 1,2-Polybutadien-Elastomer besteht.  
7. Dichtungsanordnung nach jedem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kantenabschnitt der Netz-Zwischenlage (14) in die Verbindungseinrichtung (18a) aus thermoplastischem Elastomer eingebettet ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

FIG. 1

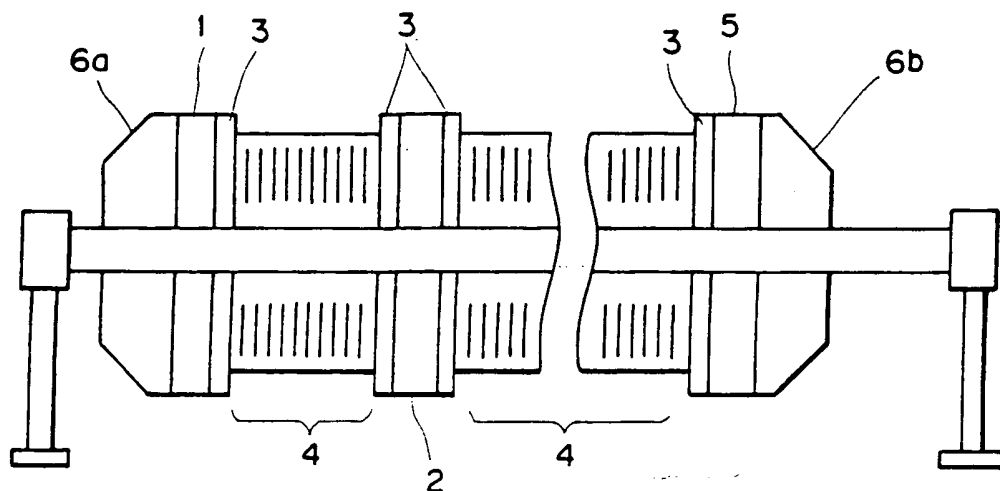


FIG. 2

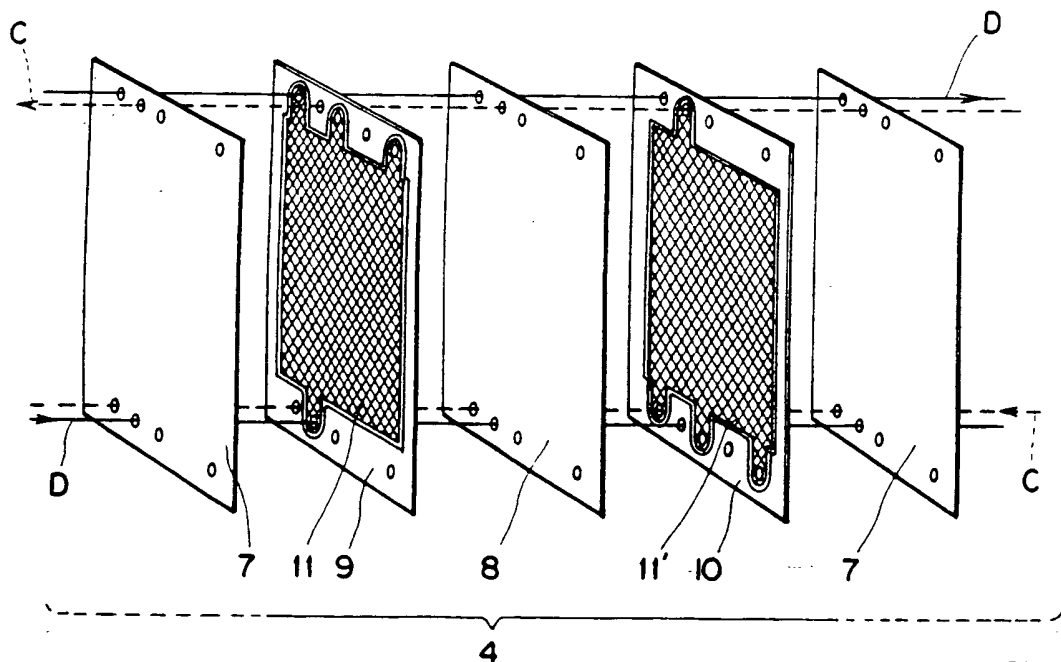




FIG. 3

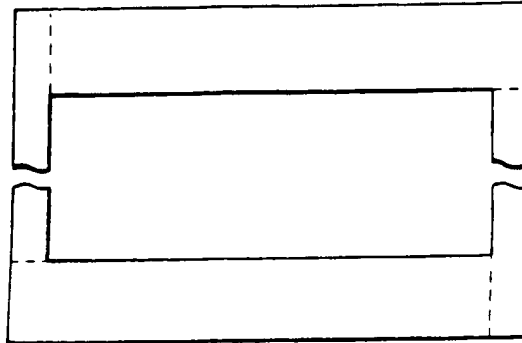


FIG. 4

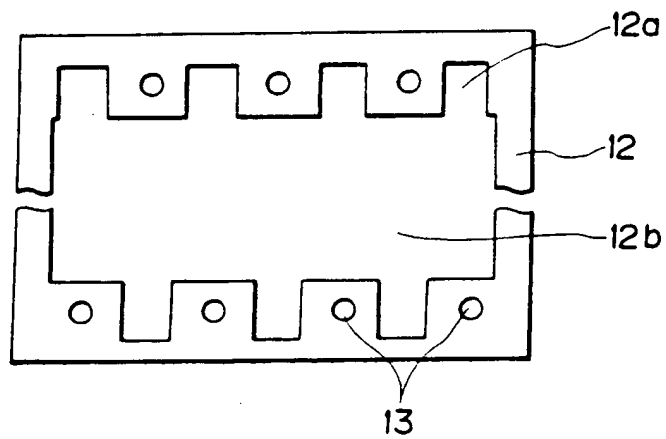


FIG. 5

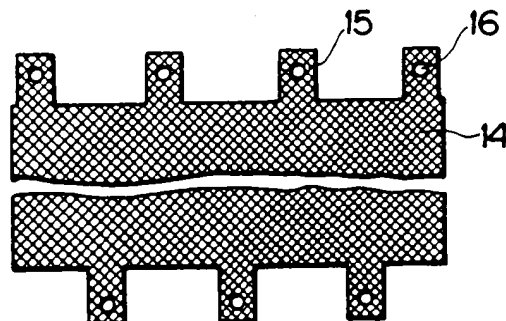


FIG. 6

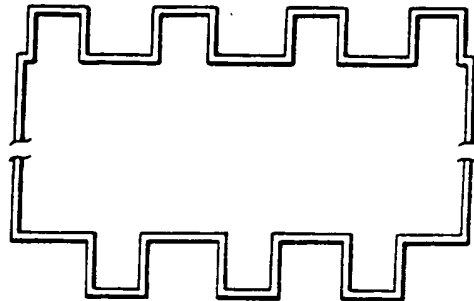


FIG. 7

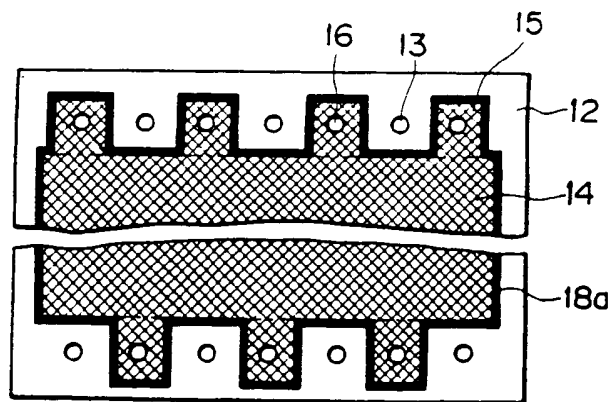


FIG. 8

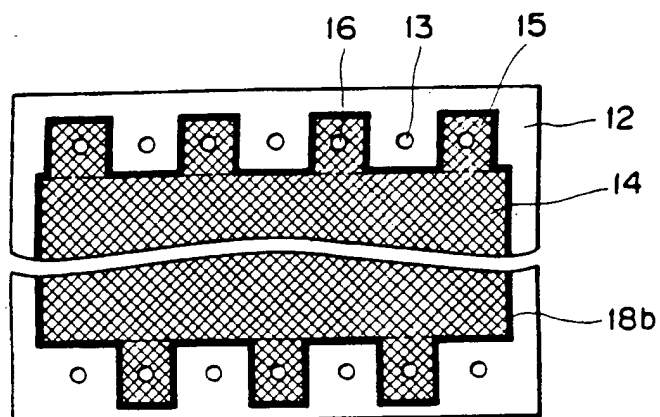


FIG. 9

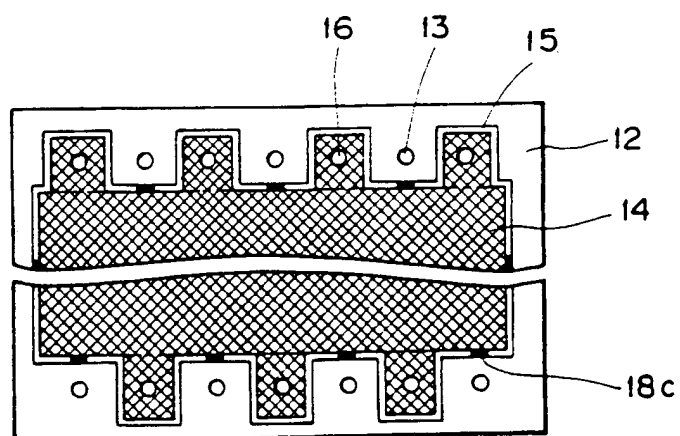


FIG. 10

